

Kajian Ekperimental dan Numeris Olah Gerak (*Seakeeping*) Kapal *Crew boat* Orela Dengan dan Tanpa *Foil* Belakang

Bonaventura Danis Prasetyo dan Ketut Suastika

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: k_suastika@na.its.ac.id

Abstrak— Perilaku olah gerak kapal di laut (*seakeeping*) dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kecepatan, bentuk badan kapal, dan arah datang kapal terhadap datangnya gelombang. Oleh karena itu penambahan *foil* belakang diharapkan mampu memperbaiki olah gerak (*seakeeping*) dari kapal *Crew boat* orela, agar kenyamanan penumpang menjadi lebih baik. Dalam tugas akhir ini, kapal *Crew boat* Orela dengan dan tanpa *foil* belakang dianalisa menggunakan metode 3D Diffraction dan uji eksperimental untuk mendapatkan respons gerakan kapal di gelombang reguler. Sudut datangnya gelombang (μ) terhadap kapal ditentukan pada sudut 180° , tipe NACA yang digunakan untuk *foil* belakang adalah NACA 64A212, dan juga analisa dilakukan pada kondisi kapal *zero speed* dan dengan kecepatan 22 knots. Setelah analisa numeris dan uji eksperimental dilakukan, dapat diketahui pengaruh penambahan *foil* belakang kapal terhadap perubahan gerakan kapal *Crew boat* Orela. Penelitian ini memfokuskan pada analisa perilaku gerak kapal *Crew boat* Orela dengan dan tanpa *foil* belakang dalam kondisi gelombang reguler maupun gelombang acak. Berdasarkan hasil pemodelan di gelombang reguler, apabila ditinjau dari gerakan heave dan pitch, karakteristik gerakan kapal *Crew boat* Orela dengan menggunakan *foil* belakang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan *foil* belakang, hal tersebut didukung berdasarkan penambahan *foil* belakang terhadap hasil analisis spektra respons di gelombang acak pada sea state 4 yakni tinggi gelombang signifikan (H_s) = 2m, dapat mengurangi hasil signifikan heave sebesar 6.73% dan juga mengurangi signifikan pitch sebesar 7.7%.

Kata Kunci— *Crew boat*, Eksperimental, *foil* belakang, NACA, 3D Diffraction

I. PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi hidrodinamika yang berpangkal dari interaksi antara fluida dan benda padat adalah masalah olah gerak (*Seakeeping*). Kondisi lautan yang tidak ramah pada saat-saat tertentu dapat mengakibatkan kapal tidak melakukan aktivitas berlayarnya. Hal tersebut merupakan tantangan bagi seorang ahli perkapalan untuk merancang kapal yang efisien dalam pengoperasiannya. Salah satu permasalahan adalah soal olah gerak (*seakeeping*) yakni meliputi gerak heave, pitch, surge, yaw, sway dan roll. Pada kenyataannya, kapal dilaut bebas dapat mengalami keenam gerakan sekaligus.

Dengan meningkatnya permintaan kapal-kapal dengan berkecepatan tinggi, Salah satunya adalah kapal *Crew boat*.

Dimana perlu desain khusus pada kapal tersebut agar dapat beroperasi secara optimal dan nyaman dari segi hambatan maupun olah gerak (*Seakeeping*). Untuk mencapai

hal tersebut diperlukan desain khusus pada kapal *crew boat* agar penumpang dapat merasa lebih nyaman, oleh karena itu pemasangan *foil* pada bagian belakang (Hullvane) kapal *Crew boat* diharapkan dapat mengurangi olah gerak dari segi gerakan heave dan pitch. Dengan ditambahnya *foil* pada bagian belakang kapal, diharapkan bagian belakang kapal akan terangkat dan memperbaiki trim kapal sehingga dapat mengurangi gerakan yang ditimbulkan kapal akibat gelombang. *Foil* memberikan efek meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan. Setelah lambung kapal terangkat dari air sampai batas maksimum, gaya angkat yang diperlukan konstan.

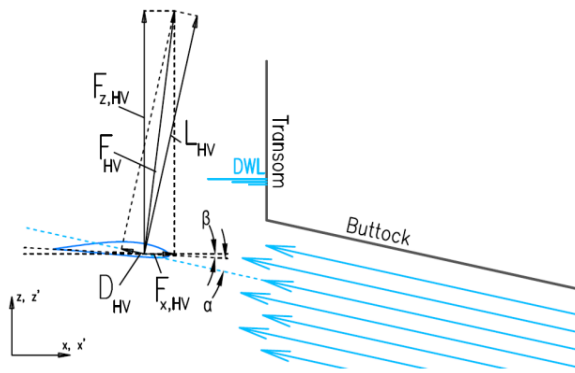
Setiap kapal pada umumnya memiliki karakteristik masing-masing dalam olah geraknya. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini, akan dilakukan kajian eksperimental dan numeris tentang pengaruh dengan dan tanpa *foil* belakang (hull vane) pada kapal *crew boat* Orela terhadap *seakeeping*.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka penulis tergerak untuk melakukan studi mengenai perbandingan olah gerak (*seakeeping*) kapal yang diakibatkan dengan dan tanpa *foil* belakang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gaya Dorong

Efek pertama dari *foil* belakang (hull vane) berdasarkan pada teori dasar tentang *foil*. Dimana pada gambar dijelaskan secara skematik gaya yang diberikan oleh *foil* belakang (hull vane). Pada gambar 2.1 α merupakan sudut yang dibentuk antara aliran masuk dengan chord line. β merupakan sudut yang dibentuk antara garis chord dengan sumbu x kapal. dimana pada bagian ini kapal diasumsikan pada kondisi even keel.



Gambar 2.1 Sketsa Skematik foil belakang yang terletak di bagian belakang kapal (Oossanen, 2014)

Foil memberikan vektor gaya angkat \vec{L}_{HV} dimana dalam pengertiannya gaya tersebut tegak lurus terhadap arah aliran air, dan vektor gaya hambat \vec{D}_{HV} searah dengan aliran air. Penjumlahan dari kedua vektor tersebut \vec{F}_{HV} dapat diuraikan ke dalam komponen-x dan komponen-z.

$$\vec{L}_{HV} + \vec{D}_{HV} = \vec{F}_{HV} = \vec{F}_{x,HV} + \vec{F}_{z,HV} \quad (2.1)$$

Apabila komponen-x vektor gaya angkat lebih besar dari komponen-x vektor gaya hambat maka resultan dari keduanya akan mengakibatkan gaya dorong. Gaya angkat dan gaya hambat dapat diestimasi berdasarkan persamaan 2.2 dan 2.3. C_L dan C_D sangat bergantung pada bentuk dari foil belakang (hull vane), tetapi juga ada beberapa faktor lain seperti faktor permukaan bebas.

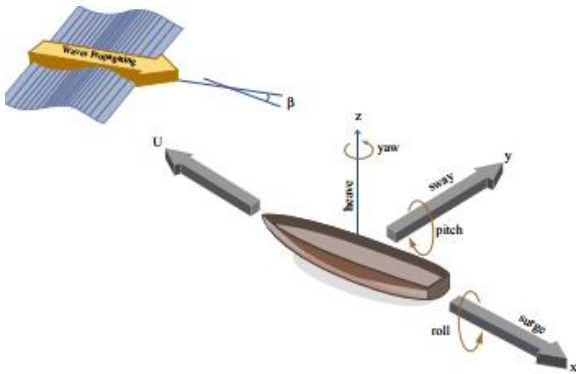
$$L_{HV} = c_L * \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (2.2)$$

$$D_{HV} = c_D * \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (2.3)$$

Bila θ diasumsikan sebagai sudut trim, maka gaya dorong yang dihasilkan oleh foil dapat direpresentasikan dalam persamaan 2.4

$$F_{x,HV} = \sin(\alpha + \beta + \theta) * L_{HV} \cos(\alpha + \beta + \theta) * D_{HV} \quad (2.4)$$

B. Teori Seakeeping



Gambar 2.2 Enam derajat Kebebasan Pada Struktur bangunan Apung (Coursewre, 2011)

Moda gerakan tersebut dapat dilihat penjelasannya pada Gambar 2.2. Dengan memakai konversi sumbu tangan kanan tiga gerakan translasi pada arah sumbu x, y dan z, adalah

masing-masing surge (ζ_1), sway (ζ_2) dan heave (ζ_3), sedangkan untuk gerakan rotasi terhadap ketiga sumbu adalah roll (ζ_4), pitch (ζ_5) dan yaw (ζ_6). Setiap gerakan memiliki sebuah persamaan umum, yang di dalamnya terdapat beberapa komponen, dituliskan pada persamaan di bawah ini:

$$A \ddot{Z} + B \dot{Z} + C Z = F_0 \cdot \cos \omega_e t \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk gerakan rotational, persamaan dasar yang dipakai tetap sama, hanya merubah variable gerakan dari translasi (jarak) menjadi sudut dan gaya menjadi momen seperti dituliskan pada persamaan di bawah ini untuk gerakan pitching.

$$a \frac{d^2 \theta}{dt^2} + b \frac{d \theta}{dt} + c \cdot \theta = M_0 \cdot \cos \omega_e \quad (2.6)$$

Dengan asumsi bahwa gerakan-gerakan osilasi sebagaimana adalah linier dan harmonic, maka enam persamaan diferensial gerakan kopelnya dapat dituliskan sebagai berikut (Djatkiko, 2012):

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk}) \ddot{\zeta}_k + B_{jk} \dot{\zeta}_k + K_{jk} \zeta_k] = F_j e^{i \omega t}; j, k = 1, \dots, 6 \quad (2.7)$$

Di mana:

M_{jk} = matriks massa dan momen inersia masa bangunan laut
 A_{jk} = matriks koefisien-koefisien masa tambah hidrodinamik

B_{jk} = matriks koefisien-koefisien redaman hidrodinamik
 K_{jk} = matriks koefisien-koefisien kekakuan atau gaya dan momen hidrostatik

F_j = matriks gaya eksitasi (F_1, F_2, F_3) dan momen eksitasi (F_4, F_5, F_6) dalam fungsi kompleks (dinyatakan oleh $e^{i \omega t}$)

F_1 = gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan surge

F_2 = gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan sway

F_3 = Gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan heave

F_4 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan roll

F_5 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan pitch

F_6 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan yaw

C. Arah Gelombang

Dari banyak referensi mengenai teori gerakan bangunan laut dapatlah disimpulkan suatu konvensi umum, bahwa arah gelombang, μ , didefinisikan sebagai sudut antara arah propagasi gelombang dengan arah laju bangunan laut. Selanjutnya arah gelombang μ sebesar 0° ditetapkan bila arah propagasi gelombang adalah sama dengan arah melajunya bangunan laut. Sebaliknya, bila arah propagasi gelombang berlawanan arah dengan arah laju bangunan laut, maka ditetapkan sebagai $\mu = 180^\circ$. Dengan kata lain $\mu = 0^\circ$ adalah sama dengan gelombang yang datang dari arah buritan bangunan laut, sedangkan $\mu = 180^\circ$ adalah gelombang yang datang dari arah haluan. Mengikuti kedua definisi tersebut mudalah kemudian ditetapkan bahwa sudut gelombang $\mu = 90^\circ$ dan $\mu = 270^\circ$ adalah bila datang dari arah sisi-sisi dan tegak lurus terhadap sumbu memanjang bangunan laut.

D. Frekuensi Gelombang Papasan

Perlu digaris bawahi kembali di sini bahwa frekuensi gelombang adalah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi perilaku bangunan laut, karena dari adanya frekuensi pada nilai tertentu akan menimbulkan kondisi resonansi atau magnifikasi respons. Bila titik tinjau gelombang, atau bangunan laut yang dikaji, tidak lagi stasioner tetapi bergerak melaju dengan kecepatan tertentu maka efek frekuensi gelombang yang diterima pada bangunan laut akan berubah. Perubahan frekuensi ini tidak lain adalah karena adanya kecepatan relatif antara gelombang dan bangunan laut yang melaju. Sebagai akibatnya perubahan tersebut tentunya akan merubah hasil-hasil perhitungan parameter-parameter ataupun koefisien-koefisien hidrodinamika, yang akhirnya memberikan hasil akhir berupa respons yang berbeda pula. Frekuensi yang berubah karena gelombang berpapasan dengan bangunan laut yang melaju disebut sebagai frekuensi gelombang papasan atau *encountering wave frequency*, sering disingkat sebagai frekuensi papasan atau *encountering frequency*, yang diberi notasi ω_e .

$$\omega_e = \omega \left[1 - \frac{\omega V_s}{g} \cos \mu \right] \quad (2.8)$$

Dimana:

ω_e = Frekuensi papasan

ω = Frekuensi riil gelombang

V_s = Kecepatan Struktur

μ = Sudut hadap

E. Spektrum Gelombang

Dalam perancangan struktur bangunan apung, idealnya informasi karakteristik gelombang untuk lingkungan dimana struktur akan dioperasikan harus lengkap tersedia. Meskipun demikian, belum semua daerah lautan di dunia dilakukan observasi gelombangnya. Untuk kebutuhan perancangan maka spectra gelombang dari lokasi lain dengan kondisi yang mirip biasanya diambil. Bila informasi inipun tidak tersedia maka dapat dipakai formula spectra gelombang. Salah satunya yaitu formula ITTC formula tersebut memberikan persamaan spectrum energy gelombang sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan, $H_{1/3}$, dan frekuensi karakteristik. International Towing Tank Conference (ITTC) merupakan penelitian mengenai standart spectrum gelombang. Formula spektrum gelombang ITTC adalah sebagai berikut:

$$S(\omega_e) = \left(\frac{A}{\omega_e^5} \right) e^{\frac{-B}{\omega_e^4}} \quad (2.9)$$

Dimana

ω_e : Frekuensi gelombang (rad/sec)

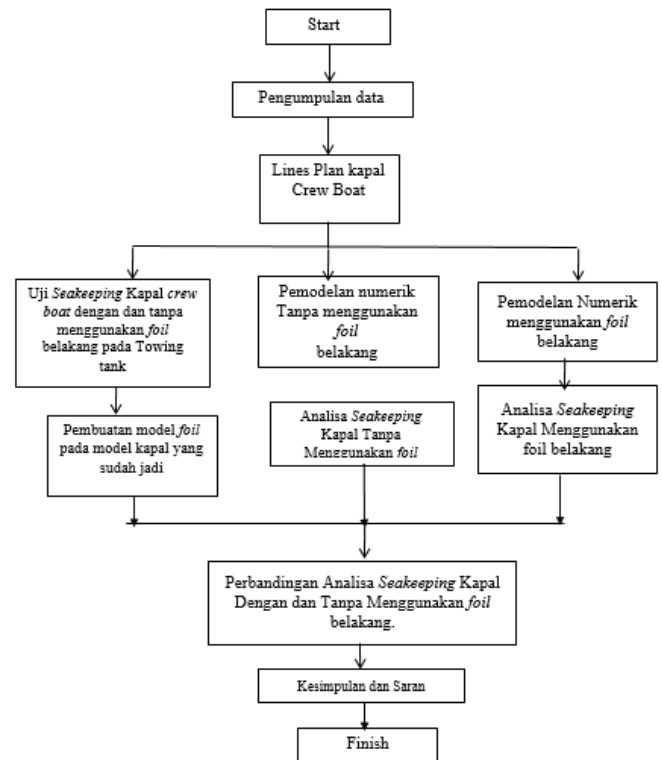
A : $8.10 \times 10^{-3} g^2$

B : $3.11 \times 10^4 / (H)^{2/3}$

$(H)_{1/3}$: Significant wave height (m)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Rancangan Penelitian



B. Tahap – Tahap Pengerjaan Tugas Akhir

• Data Kapal

Data Kapal yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini diambil dari perusahaan PT. Orela Shipyard. Data kapal berupa Lines Plan, data Hidrostatik kapal pada saat dilakukan uji tarik pada lab Hidrodinamika ITS dan ukuran model kapal *Crew boat* Orela yang sudah dilakukan Eksperimen pada Towing tank di Laboraturium Hidrodinamika ITS.

• Pembuatan Model Lambung Kapal

Membuat bentuk lambung kapal yang akan digunakan sebagai input pada program Ansys Aqwa dengan menggunakan bantuan software Maxsurf Modeler. Maxsurf membuat model lambung kapal yang terdiri dari beberapa surface dengan fitur 3D NURB (non-uniform rational B-spline). Database yang akan digunakan pada tahap ini adalah Lines plan kapal *crew boat* Orela. Adapun pembuatan model kapal yang diperlukan untuk uji *Seakeeping* pada lab Hidrodinamika sudah dibuat.

• Memodifikasi Lambung Badan Kapal dengan penambahan Foil Belakang

Membuat bentuk lambung kapal yang akan digunakan sebagai input pada program Ansys Aqwa dengan menggunakan bantuan software Maxsurf Modeler. Maxsurf membuat model lambung kapal yang terdiri dari beberapa surface dengan fitur 3D NURB (non-uniform rational B-spline). Database yang akan digunakan pada tahap ini adalah Lines plan kapal *crew boat* Orela. Adapun pembuatan model kapal yang diperlukan untuk untuk uji *Seakeeping* pada lab Hidrodinamika sudah dibuat

• Menghitung Karakteristik Gerakan kapal *Crew boat* Orela dengan menggunakan Metod Numeris (analisa Hidrodinamis)

Pada analisa respons perilaku gerak kapal *Crew boat* Orela dengan dan tanpa menggunakan *foil* belakang akibat beban gelombang reguler, hasil keluaran dari analisis berupa Response Amplitude Operators (RAO) yang merupakan respons bangunan laut di gelombang sinusoidal untuk himpunan heading waves dan himpunan periode gelombang. Perhitungan RAO menggunakan software Ansys Aqwa, seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa Ansys Aqwa menggunakan teori difraksi radiasi 3-Dimensi untuk memecahkan permasalahan *seakeeping*, dimana di dalam metode ini permukaan lambung bangunan apung dibagi menjadi panel-panel yang disebut juga mesh. Input wajib untuk wave loads berupa: frekuensi gelombang(rad/s), waveheadings (deg), kedalaman perairan (m). Sedangkan beberapa data yang dapat dimasukkan sebagai parameter opsional: reference length, percepatan akibat gravitasi, kepadatan massa air. Agar dapat menyelesaikan persamaan gerak dengan 6 derajat kebebasan seperti yang ditulis di atas, user harus menentukan posisi centre of gravity (CoG) / point of mass, point of bouyancy.

• Perbandingan Karakteristik repons gerakan Kapal dengan dan tanpa menggunakan *Foil* Belakang

Pada akhirnya, setelah semua langkah yang telah dijelaskan diatas dilakukan, perbandingan kapal *Crew boat* dengan dan tanpa menggunakan *Foil* belakang berdasarkan respons kecil pada kondisi gelombang yang diizinkan berdasarkan rules *Bureau Veritas* yang digunakan sebagai acuan pembangunan kapal yakni pada ketinggian Gelombang signifikan H_s sebesar 2 m. Diharapkan setelah penelitian ini dapat diketahui pengaruh pemasangan *Foil* belakang terhadap repons gerakan sehingga berdampak pada kenyamanan penumpang kapal tersebut.

C. Analisa Respons

Pada penelitian ini, perilaku gerak kapal *Crew boat* Orela dikaji dalam dua kondisi gelombang reguler dan gelombang acak dengan rentang frekuensi gelombang yang di analisis antara 0.1- 3.9 rad/s dengan interval penambahannya sebesar 0.19 rad/s. berikut merupakan penjelasan mengenai analisa respons pada kondisi gelombang reguler maupun gelombang acak.

• Respons Bangunan laut Di Gelombang Reguler

Pada analisa respons perilaku gerak kapal *Crew boat* akibat gelombang Reguler, hasil keluaran dari analisis berupa Respons Amplitude Operators (RAO) yang merupakan respons bangunan laut di gelombang sinusoidal untuk himpunan heading waves dan himpunan periode gelombang. Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa Software ansys AQWA menggunakan teori difraksi-radiasi 3-dimensi untuk memecahkan permasalahan *Seakeeping*. Dimana di dalam metode ini permukaan lambung kapal dibagi menjadi panel-panel yang disebut juga dengan mesh.

Input wajib untuk Wave Loads berupa: frekuensi gelombang (rad/s), wave headings (deg), kedalaman perairan (m). Ada juga beberapa parameter yang dapat dimasukkan sebagai parameter opsional : reference length, percepatan akibat gravitasi, kepadatan masa air.

Agar dapat menyelesaikan persamaan gerak seperti dituliskan di atas, user harus menentukan posisi center of gravity (CoG), radius girasi, dan Point of Bouyancy (PoB). Setelah menyiapkan file-file input seperti yang telah disebutkan di atas beserta sifat mekanik kapal, user dapat memulai perhitungan gerakan yang nantinya akan mengeluarkan hasil Respons Amplitude Operator (RAO).

Untuk simulasi dengan model numeris dan model eksperimen pada gelombang reguler, model akan dianalisa saat *zero speed* dengan arah gelombang Heading waves 180° .

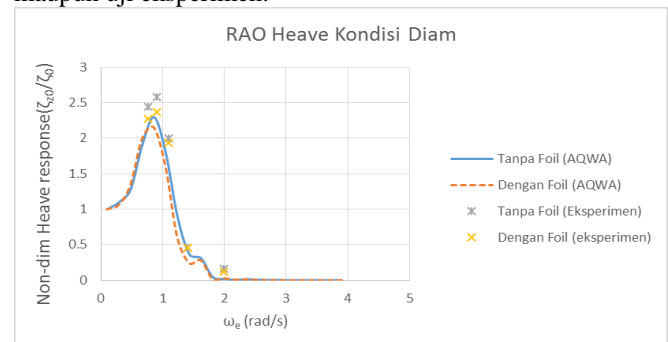
• Respons Bangunan Lait Di gelombang Acak

Repons struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon. Spektrum respon didefinisikan sebagai repons kerapatan energi pada struktur gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalikan harga pangkat kuadrat dari Response Amplitude Operator (RAO) dengan spektrum gelombang. Setelah spektrum respon diperoleh maka intensitas gerakan dapat dihitung sebagai fungsi luasan di bawah kurva spektrum respon atau merupakan variasi elevasi gerakan. Berdasarkan hasil luasan dibawah kurva Spektra Respons akan didapatkan harga-harga statistik gerakan sebagai fungsi varian elevasi gerakan.

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

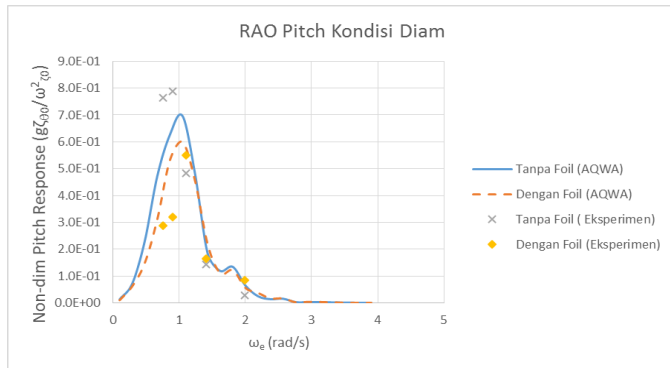
A. Perhitungan Transfer Function (RAO)

Kecepatan kapal divariasikan menjadi dua kondisi , yaitu pada saat kondisi *zero speed* (0 Knots) dan pada saat kecepatan dinas (22 Knots). Berikut merupakan perbandingan hasil karakteristik gerakan Heave dan Pitch dengan menggunakan perhitungan numeris 3D diffraction maupun uji eksperimen.



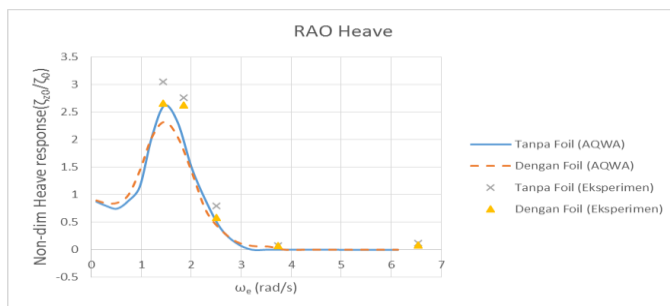
Gambar 4.1 Perbandingan Hasil RAO *heave* Aqwa dan eksperimen pada kondisi *zero speed*

Dari gambar 4.1 dapat dilihat pada frekuensi encounter 0.86 rad/sec terjadi penurunan karakteristik gerakan kapal menggunakan *foil* belakang 2.15 (m/m) dibandingkan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 2.296 (m/m). Pada daerah sub kritis karakteristik gerakan kapal mendekati sekitar angka satu (unity), yang artinya gerakan mengalir mengikuti gerakan osilasi gelombang atau disebut *contouring*.



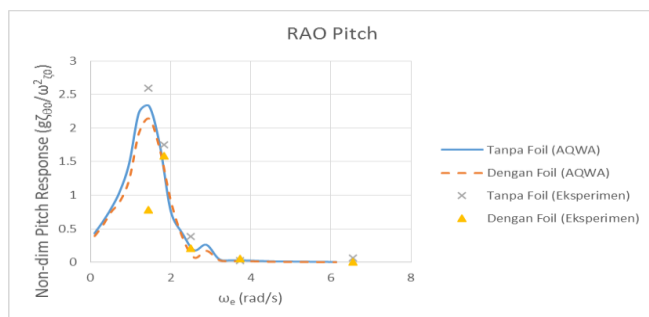
Gambar 4.2 Perbandingan Hasil RAO Pitch Aqwa dan Eksperimen pada kondisi *zero speed*

Dari gambar 4.2 dapat dilihat Pada frekuensi encounter 1.05 rad/sec terjadi penurunan karakteristik gerakan kapal menggunakan *foil* belakang 0.6 (°/m) dibandingkan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 0.71 (°/m).



Gambar 4.3 Perbandingan RAO Heave Aqwa dan Eksperimen pada $Fn = 0.5718$

Dari gambar 4.3 dapat dilihat pada frekuensi encounter 1.46 rad/sec terjadi penurunan karakteristik gerakan kapal menggunakan *foil* belakang 2.32 (m/m) dibandingkan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 2.62 (m/m).



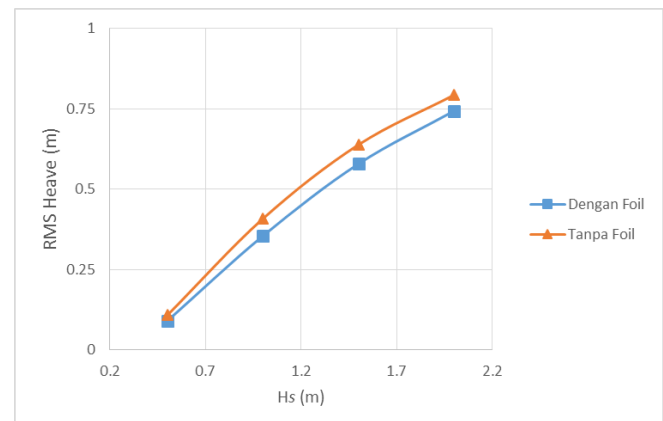
Gambar 4.4 Perbandingan RAO Pitch Aqwa dan Eksperimen pada $Fn = 0.5718$

Dari gambar 5.23 dapat dilihat Pada frekuensi encounter 1.46 rad/sec terjadi penurunan karakteristik gerakan kapal menggunakan *foil* belakang 2.13 (°/m) dibandingkan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 2.32 (°/m).

B. Perbandingan Kenaikan Heave dan Pitch signifikan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan untuk kapal Crew boat Orela dengan dan tanpa Foil belakang pada $Fn = 0.5718$

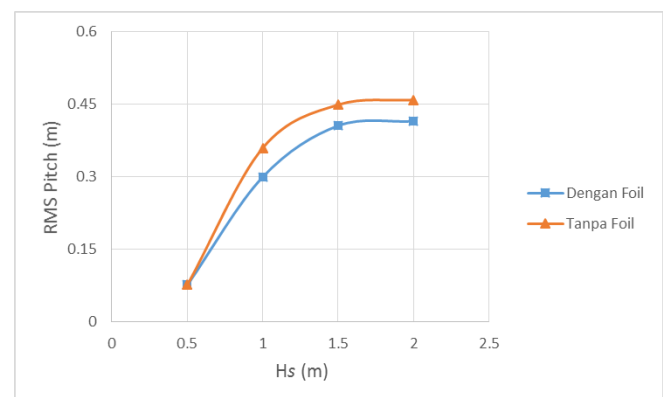
Setelah diselesaikan perhitungan spektra respons dari kapal Crew boat Orela dengan dan tanpa *foil* belakang selanjutnya dapatlah dilakukan perbandingan kualitas

gerakan dari kapal Crew boat Orela dengan dan tanpa *foil* belakang saat berada di atas gelombang acak. Hal ini dilakukan dengan memplot perubahan intensitas gerakan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan. Dalam studi perbandingan disini telah dipilih untuk mengevaluasi intensitas signifikan yang paling mungkin terjadi.



Gambar 4.4 RMS Heave sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan pada $Fn = 0.5718$

Dari hasil respons signifikan heave pada *sea state* 4 pada tinggi gelombang signifikan 2 m, penambahan *foil* belakang dapat mengurangi hasil respons signifikan *heave* sebesar 6.3%. dan hasil RMS heave kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 0.793 m sedangkan hasil RMS heave kapal dengan menggunakan *foil* belakang sebesar 0.743 m..



Gambar 4.5 RMS Pitch sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan pada $Fn = 0.5718$

Sama halnya seperti pada Heave signifikan fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan. Kapal Crew boat Orela dengan menggunakan Foil belakang mempunyai intensitas heave signifikan yang lebih kecil dibandingkan dengan kapal Crew boat Orela tanpa menggunakan Foil belakang. Dari hasil respons signifikan *pitch amplitude* pada *sea state* 4, penambahan *foil* belakang dapat mengurangi hasil signifikan *pitch* sebesar 9.7%. dan hasil RMS Pitch kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 0.459 deg. sedangkan hasil RMS Pitch kapal dengan menggunakan *foil* belakang sebesar 0.415 deg.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

[15] ... (2012). Ansys Aqwa Reference Manual. Ansys, Inc.

1. Validasi perhitungan numerik Ansys Aqwa dengan program Wamit sudah sama dan hasil perhitungan Aqwa bisa dikatakan valid.
2. Kapal *Crew boat* dengan menggunakan *foil* belakang memiliki karakteristik gerakan RAO Heave yang lebih baik dibandingkan kapal *Crew boat* tanpa menggunakan *foil* belakang. Berdasarkan hasil RMS heave pada seastate 4 yakni tinggi gelombang 2 m penambahan *foil* belakang dapat mengurangi hasil respons RMS heave sebesar 6.3%, dan hasil RMS heave kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 0.793 m sedangkan hasil RMS heave kapal dengan menggunakan *foil* belakang sebesar 0.743 m.
3. Kapal *Crew boat* dengan menggunakan *foil* belakang memiliki karakteristik gerakan RAO pitch yang lebih baik dibandingkan kapal *Crew boat* tanpa menggunakan *foil* belakang. Berdasarkan hasil RMS pitch pada seastate 4, yakni tinggi gelombang 2 m penambahan *foil* belakang dapat mengurangi hasil respons RMS pitch sebesar 9.7%, dan hasil RMS Pitch kapal tanpa menggunakan *foil* belakang sebesar 0.459 deg. sedangkan hasil signifikan Pitch amplitude kapal dengan menggunakan *foil* belakang sebesar 0.415 deg.

B. Saran

Dalam penelitian ini tidak dilakukan perancangan sistem konstruksi dan perhitungan berat konstruksi sehingga untuk pengembangan desain selanjutnya, hal tersebut dapat dilakukan agar diperoleh analisa olah gerak kapal yang lebih akurat dan juga pemodelan *foil* belakang pada uji eksperimen, masih menggunakan cara pendekatan dalam pembuatannya. Sebaiknya pembuatan *foil* dilakukan lebih detail agar hasil eksperimen lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahadyanti, G. M. (2015). Studi Optimasi Hull Form FSO di Laut Jawa. Surabaya.
- [2] Bhattacharyya. (1978). Dynamic of marine Vehicles. United State of America.
- [3] Bureu Veritas. (2002). Rules For The Classification And Contruction of Seagoing Stell Ships.
- [4] Chakrabarti, S. K. (1987). Hydrodynamic of Offshore Structure. Boston, USA..
- [5] Course, M. O. (2011). Design of Ocean Systems. Cambridge: Massachusetts Institut of Technology
- [6] Coursewere, M. O. (2011). Design of Ocean Systems. Massachusetts Institute Technology, (hal. Lecture 5, *Seakeeping*). Cambridge, USA.
- [7] Djatmiko, E. B. (2012). Prilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak. Surabaya: ITS Press.
- [8] Hidayat, A. (2016). Kajian Eksperimental dan Numeris Hambatan Kapal *Crew boat* Dengan dan Tanpa *Foil* Belakang. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Jong, P. d. (2011). Seekeeping Behaviour of High Speed Ships. Netherlands: Gildeprint drukkerijen, Enschede, The Netherlands.
- [10] Maxsurf Modeler UserManual. (2013). Bentley System. United States:.
- [11] McDermot, J. R. (2000). WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparasion Study. Hull Department Engineering.
- [12] Oossanen, P. V. (2014). An Update on The Development of The Hull Vane. Hiper Athens, 211-221.
- [13] Romansyah, D. W. (2015). Analisis Gerakan Kapal Tipe LNG Carrier Bersarat Rendah Di Perairan Selat MAKASSAR. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- [14] Suryana, I. P. (2015). Analisa Teknis dan Ekonomis Floating Terminal untuk Crude Oil Di Tuban. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.